

氏 名	徳 山 満
学 位 の 種 類	博 士 (医 学)
学 位 記 番 号	第 4722 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当者
学 位 論 文 名	Individuality and Reproducibility in High-speed Motion of Volleyball Spike Jumps by Phase-matching and Averaging (高速動作であるバレーボールのスパイクジャンプの個性と再現性について位相 合わせと加算平均を用いた動作解析)
論文審査委員	主 査 教 授 高 岡 邦 夫 副主査 教 授 原 充 弘 副主査 教 授 藤 本 繁 夫

論 文 内 容 の 要 旨

【目的】スパイクジャンプ(以下、S J と略す)のフォームを客観的に記録するためのアルゴリズムを提案し、この手順を用いて S J の個性と再現性を統計学的に証明し、さらにこの手順によって生じる誤差を評価してシステムの信頼性を示すこと。

【方法】大阪府の高校生の大会で優勝クラスのアタッカーで、バレーボール歴が 6 年以上の女子 6 人を対象とした。6 台の赤外線カメラを使用した。13 個の光反射マーカーを選手の皮膚に固着し、S J の踏み込みの 2 歩について、サンプリング周波数 240 Hz で、3 次元動作解析装置 VICON により得られるマーカーの 3 次元座標から、剛体リンクモデルより両膝と両股関節の屈曲角度を計算し、経時的な波形データとして表示した。全員に、第 1 セッションとして 10 回の S J を行わせた後、1 時間以上の間隔をおいて第 2 のセッションとして S J を 10 回行わせた。各セッションのデータは、独自に定義した統計量を用いて位相合わせを行った後、加算平均させるデータ数によって 10 ステップのデータとした。この 2 つのセッションで得られた各々 10 ステップのデータを、セッション間と各選手間で比較することで、データの個性と再現性を統計学的に検証した。システムの誤差分析は、中心極限定理に基づき同一個人間のデータを用いて回帰分析を行うことで、系統誤差を計算した。

【結果】S J のデータは、同一個人ではセッション毎での差をほとんど認めなかったが、個々の選手間では有意な差を認めた($p < 0.001$)。システムの系統誤差は 2.0 以下となり、システムの信頼性を示せた($p < 0.001$)。

【結論】S J は各選手によって多様な跳び方があるが、同一個人では同じ様なフォームを繰り返すことが示された。高速な動きの動作解析において、を用いてデータを位相合わせ・加算平均するという手法は、もとのデータの波形を崩しにくく信頼できると考えた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文の目的は、バレーボール選手のスパイクジャンプのフォームを比較検討してジャンパー膝のリスクファクターを追求するために、フォームを客観的に記録するためのアルゴリズムを提案し、その優越性を示すことである。そのために、このアルゴリズムに従ってデータを作成することによってスパイクジャンプの個性と再現性を統計学的に証明することが可能であることを示し、さらにこの手順によって生じる誤差を評価してシステムの信頼性を示すことを試みた。

方法は以下の如くである。大阪府の高校生の大会で優勝クラスのアタッカーで、バレーボール歴が 6 年以上

の女子高校生6人を対象とした。サンプリング周波数240Hzの6台の赤外線カメラを使用した。13個の光反射マーカ―を選手の皮膚に固着し、スパイクジャンプの踏み込みの2歩について、3次元動作解析装置VICONにより得られるマーカ―の3次元座標から、剛体リンクモデルより両膝と両股関節の屈曲角度を計算し、経時的な波形データとしてスパイクジャンプを表示した。全員に、第1セッションとして10回のスパイクジャンプを行わせた後、1時間以上の間隔をおいて第2のセッションとしてスパイクジャンプを10回行わせた。各セッションのデータは、独自に定義した統計量を用いて位相合わせを行った後、平均するデータ数によって10ステップのデータとした。この2つのセッションで得られた各選手の各々10ステップのデータを、各ステップ別にセッション間で、同一選手間と別選手間の2群で比較することで、スパイクジャンプの個性と再現性を統計学的に検証するとともに、データを平均することによる個性と再現性を同定するための効果について分析した。システムの誤差分析は、中心極限定理に基づき同一人間のデータを用いて回帰分析を行うことで、系統誤差として計算した。

その結果、セッション間でのスパイクジャンプのデータの差異は、同一個人間と別選手間では、5つ以上のデータを平均することで3標準偏差以上の有意な差を認め、本手法を用いることによってスパイクジャンプの個性と再現性を同定できることを示せた。さらにシステムの系統誤差の95%信頼区間は2.0以下となり、システムの信頼性を示すことができた($p < 0.001$)。

結論として、今回の「位相合わせ」と「平均」という手法を用いてデータを処理することによって「スパイクジャンプは各選手によって多様な跳び方があるが、同一個人では同じ様なフォームを繰り返す」ことが示され、さらに具体的に、本手法を用いて5つ以上のスパイクジャンプのデータを平均することで、各選手の個性を代表するデータとして比較研究するのに使用することが可能であるということが立証された。

今後の展望として、今回の方法論を用いてバレーボール選手のスパイクジャンプのデータを蓄積し、ジャンパー膝などの臨床症状との比較をすることによって、オーバーユースによる障害のリスクファクターを追求し、これらの障害の予防と治療に役立てたいと考えている。

本論文は、高速度の動作分析を可能とするために、独自の位相合わせとデータの平均方法が考案されており、これによってバレーボールのスパイクジャンプの個性と再現性も統計学的に客観的に証明されており、バイオメカニクスの分野における優れた内容の論文であると認め、博士(医学)の学位論文として妥当なものであると判定した。